

# 배전계통에서 유전적 알고리즘을 이용한 접속변경순서결정방법

(A Re-Configuration Genetic Algorithm for Distribution Systems)

최대섭\*

(서일대학)

(Dai-Seub Choi)

Recently, sectionalizing switches have been coming to be operated by remote control through the distribution SCADA system. However, the problem of determining the optimal switching sequence is a combinatorial optimization problem, and is quite difficult to solve. Hence, it is imperative to develop practically applicable solution algorithms for this problem. Several efficient algorithms have been developed for finding approximate solutions to such problems. these algorithms create a new arbitral distribution system configuration from an initial configuration, and some of these algorithms do not show a load transfer sequence to reach the objective system.

## 1. 서 론

근년, 배전 계통 조작 자동화에 의해, 사고나 작업 정전시의 부하(원동에 가해지는 작업량) 전환 절차를 위한 각종의 알고리즘이 제안되어지고 있다.

이들의 알고리즘은 전류용량 제약이나 전압 하강 제약을 기초로, 어떤 계통의 구성으로부터, 제약 조건을 만족해 또한 조작 목적을 만족하는 임의의 계통 구성(모든 목적 함수를 최소화하는 경우도 있다)를 구하려고 하는 것이어서, 일반적으로 조합 최적화 문제로 되고 있다. 그러나, 예를 들어 사고나 작업 정전시의 과도적인 계통구성을 사고전이나 또는 작업정전전의 계통으로 되돌릴 경우에는, 현상의 계통구성과 목표로 하는 계통구성이 명확해져 있어 게다가 어느 계통으로 해도 제약 위반이 발생하지 않는 일이 알려져 있다. 이런 경우에는, 개폐 상태에 변화가 있는 개폐기만의 조작에 따라 상기와 같은 복잡한 전환 알고리즘에 의한 것 보다 간단하게 목표 계통으로 전환할 수 있을 것이다. 물론 되돌리는 작업은 전환 작업의 역순으로 개폐 조작을 행함으로써 가능한 일이 많다. 그러나 전환시와 부하 상태가 변해버리는 일 등에는, 이행 도중에 제약 위반이 발생하는 경우가 있다. 또한, 예를 들어 손실 최소의 계통 구성을 구하는 알고리즘 등으로 최종의 계통 구성만을 가하고 이행 절차를 가하지 않는 알고리즘도 있다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 이런 경우에 가능한 "상태 변화가 있는 개폐기(스위치)" 만을 조작해서 현상 계통에서 목표 계통으로의 이행 절차를 결정하는 알고리즘이다. 조합적 해법을 이용한, 같은 전환 절차 알고리즘은 아직 일부의 실용에 이바지하고 있지만 본 방법과 같은 제약 위반 해소를 포함한 고속 동시에

조합적인 방법의 보고는 없다.

제안하는 방법으로는 초기상태와 목표상태로 스위치의 상태(ON/OFF)를 변경해야하는 수를 「이행거리」로 정의해, 이행거리를 부하 전환으로 인해 0까지 감소시켜 계통구성을 변경한다. 이행도중에 제약위반의 발생이 없으면 최소 조작 회수는 이행거리에 일치한다. 만약에 도중에 제약위반이 발생할 경우에는 유효( )배법의 개념을 이용해 가장 효과 있는 부하의 ( 간선 )간 전환 ( 이행거리가 증가한다 )를 행하여, 제약위반의 발생을 막아 계통 구성 변경을 실시하고 있다.

이하 제2장에서는 배전 계통에 있어서의 개폐조작기 및 조작시의 제약에 대하여 체계적으로 정리하고 있다. 뒤이어 제3장에서는 본 논문에서 다루는 문제를 설명하고, 제4장에서는 과도적인 제약위반을 허용하는 경우 접속변경 절차 결정 알고리즘, 제5장에서는 제약위반의 발생을 인정하지 않는 경우의 알고리즘에 대하여 설명하고 있다. 더 한층 제6장에서는 예제를 이용해 본 방법의 검증을 하고 있다.

## 2. 배전선 구간 개폐기의 기본조작

< 2.1 > 구간 개폐 조작 배전선 구간 개폐기의 조작은 통상 다음과 같은 목적으로 행하고 있다.

- (1) 평상시
  - (i) 손실 최소화 또는 신뢰성 향상을 위한 변압기 (또는 간선) 간 부하전환
  - (ii) 작업 정전 조작 (부하 전환 및 복구)

(2) 긴급시

- (i) 사고 구간 제거 조작
- (ii) 사고시 부하 전환 조작

(3) 복구시

- (i) 복구시 부하를 되돌리는 조작

이들의 조작은 구간 개폐기의 개폐에 의해 처리되어진다. 기본적인 개폐조작기는 개(開) 또는 폐(閉) 둘 중 하나 이어서, 개폐 조작을 행할 때의 개폐기 양 끝의 상태에 따라, 그림 1에서 나타내는 것과 같이 이하 4개의 조작으로 분류한다. (a) loop 투입 (양 끝 전원 있음: 폐(閉))

- (b) loop 개방 (양 끝 전원 있음: 개(開))

(c) 충전 또는 수전 (한 쪽 끝에 전원이 있고 한편 다른 한 쪽 전원 없음: 폐(閉))

(d) 정전 ( 한 쪽 끝에 전원이 있고 게다가 양 쪽 충전 있음 : 개(開))

일반 조작은 이들 4종류의 조작의 조합으로 이루어진다. 조작은 우선 순위는 통상 원칙적으로 (b), (c), (d), (a) 의 순서이다. 우선순위란 상기의 4종류의 조작을 동시에 실행하지 않으면 안된다고 가정한다면, loop 개방을 최초로 실행한다는 의미이다. 더욱 (c) 와 (d)의 조작우선순은 상황에 따라 달라진다.

구간 개폐기는 그 구조상 적어도 한 쪽 끝에 충전하지 않으면 조작이 안되어, 양 끝 동시에 충전이 없으면 “개(開)”의 상태를 유지하도록 되어있다. 게다가 「충전 있음」이란 개폐기의 당해(當該)끝의 연장선에 전원이 접속되어 진 것을 의미하고 있다.

<2.2> 조작시의 제약 이계통간의 부하 전환은 이것을 고려하지 않는다고 가정하면, 이하의 제약을 보태어 구간 개폐기의 조작을 행해야 한다.

- (1) 한 순간 한 작업
- (2) 간선 보호를 위해 일 감시 계통에 지정된 수 이상의 loop를 만들면 안된다
- (3) 전류 용량 제약 및 전압 하강 제약을 만족한다
- (4) 사고 구간을 충전하면 안된다
- (5) 그 구간의 정전을 목적으로 할 경우를 제외한 충전 구간을 정전하면 안된다

상기의 제약 중, (1)항은 현상의 원방(遠方) 감시 제어 장치의 구조에 기인하는 제약이다.

### 3. 접속 변경 절차 결정 문제

지금, 그림 2의 예를 생각해보자. 그림(a)는 현재의 계통 구성이다. 이 구성으로부터 구간#i를 작업정전하고 싶은 것이라고 가정한다. 그림(b)는 변압기(Tr.2)

의 전류 용량을 고려해서 적당한 방법으로 얻었다. 구간#i를 작업 정전한 후의 계통 구성을 나타내고 있다. 만약, 그림(b)의 계통 구성을 구할 때 그림 (b)로부터의 이행 조작 절차가 주어졌으면 그 절차에 따라 개폐기 조작을 행하면 좋지만, 현재 제한되어진 모든 알고리즘이 반드시 이행의 조작 절차를 주어진다고는 할 수 없다. 본 논문의 목적은 이러한 경우에 초기 계통 구성에서 목표 계통 구성으로, 간선의 전류 용량 및 전압 하강의 제약 조건에 위반하는 일 없이 이행하기 위한 개폐기 조작 절차를 결정하는 알고리즘을 주는 것이다. 대상 배전선을 국내에서 일반적으로 채용되고 있는 항시개방형 loop배전 계통이라고 하면, 그 특징으로부터 이하의 것들을 가정 할 수 있다.

[가정 1] 초기 계통 구성 및 목표 계통 구성은 어느 쪽도 제약 위반이 없는 나무(tree) 구조이다. (설명의 편리를 위해 이하 전자의 「초기목(初期木)」 후자를 「목표목(目標木)」이라고 부르기로 한다)

[가정 2] 간선의 나무구조는 몇 개의 부분 목(Sub-tree)으로 분리 가능으로써, 초기목과 뿌리(간선의 인출구(引出口))가 같은 부분 나무로는 제약위반은 발생하지 않는다.

더욱, 이하의 논의에서는 구간 부하는 역률(力率)1.0으로 평균 분포의 정전류 부하이어서, 또 배전선 인피던스에 의한 위상의 뒤떨어짐도 무시할 수 있는 것이라고 가정하고 있다. 이 가정은 반드시 실제와는 일치하지 않지만 현상으로는 구간 부하의 예측 자체가 곤란하므로 예측 부하의 크기가 과감히 결론지어진 것이라고 생각하면 충분히 만족 할 수 있는 가정이다.

### 4. 과도적인 제약 위반을 인정하는 경우의 이행 절차 결정 알고리즘

통상의 부하상태에서는 거의 모든 개폐기 조작에 있어서 다음과 같은 가정이 성립된다.

[가정 3] 제약 위반이 없는 복수의 동일 계통내의 간선(목(木)구조)를 접속해서 loop에 있어서도 제약 위반의 발생은 없다. 또한, 만약 발생했다고 해도 과도적으로 이를 허용한다.

[가정 1], [가정 2] 와 함께 [가정 3]을 허용하면, <2.2>절의 조작 제약을 고려해, 기본적으로 이하와 같은 방침으로 초기목에서 목표목으로 이행이 가능해진다.